

OPTIMASI RANCANGAN TERMAL SISTEM PENGKONDISIAN UDARA RUANGAN PASCA SARJANA UNISMA BEKASI

Taufiqur Rokhman¹⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Mesin – Universitas Islam 45 Bekasi
rokhman_taufiq@yahoo.com – www.taufiqurrokhman.com

Abstrak

Sistem pengkondisian/tata udara (*air conditioning system*) adalah suatu sistem yang mengendalikan kondisi termal udara (*temperatur, kelembaban, aliran udara, dan kebersihan udara*) secara serentak dari suatu ruangan sehingga tercapai kondisi yang diinginkan. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mempelajari seberapa besar pengaruh faktor jumlah orang, temperatur udara ruangan dan temperatur udara luar gedung terhadap hasil perhitungan serta mempelajari kondisi desain yang seperti apa yang akan direkomendasikan kepada calon pengguna. Kondisi desain yang dapat memberikan hasil perhitungan yang paling optimal yaitu kapasitas aliran udara nyaman yang paling besar dan kapasitas mesin pendingin yang paling kecil

Kata kunci: Desain, optimal, pendingin

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Rangkaian perhitungan *design thermal system* pengkondisian udara bagi sebuah ruang perkantoran bergantung kepada banyak factor. Hasil *design thermal* yang berupa besarnya kapasitas udara nyaman (m_a) yang diperlukan bagi ruangan perkantoran tersebut dan besarnya kapasitas coil pendingin (Q pendingin) yang harus dipasang pada instalasi pengkondisian udara bergantung kepada faktor-faktor yaitu:

- Jumlah orang yang akan menghuni ruangan
- Temperatur nyaman ruangan
- Kelembaban udara di dalam ruangan
- Temperatur dan kelembaban udara di luar gedung perkantoran

Di dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh factor jumlah orang, temperatur udara nyaman ruangan dan temperatur udara di luar gedung. Sementara itu kelembaban udara di dalam ruangan dianggap sama besar yaitu 64%, dan kelembaban udara di luar gedung dianggap tidak berubah yaitu 65%

1.2. Permasalahan

Dari uraian latar belakang tersebut diatas terdapat dua pertanyaan pokok yang ingin dicari jawabannya melalui penelitian ini, yaitu:

- Seberapa besar pengaruh faktor jumlah orang, temperatur udara ruangan dan temperatur udara luar gedung terhadap hasil perhitungan perancangan yaitu: kapasitas aliran udara nyaman yang masuk ke dalam ruangan dan kapasitas pendingin yang harus dipasang
- Kondisi desain yang seperti apa yang dapat memberikan hasil perhitungan yang paling optimal, yaitu kapasitas aliran udara nyaman yang paling besar dan kapasitas mesin pendingin yang paling kecil.

1.3. Tujuan Penelitian

Dari rumusan permasalahan tersebut diatas, maka tujuan penelitian adalah

- Mempelajari seberapa besar pengaruh faktor jumlah orang, temperatur udara ruangan dan temperatur udara luar gedung terhadap hasil perhitungan
- Mempelajari kondisi desain yang seperti apa yang akan direkomendasikan kepada calon pengguna.

1.4. Batasan Perancangan

Dalam perancangan mesin pendingin ruangan ini dipakai variable untuk optimal adalah 3 variabel dan 3 level, sehingga dihasilkan full factorial sebanyak 27 kali dan ditabelkan sbb :

No	Variabel	Level			Kelembaban %
		1	2	3	
1	Jumlah orang	150	160	170	
2	Temperatur ruangan °C	22	23	24	64
3	Temperatur udara luar °C	30	32	34	65

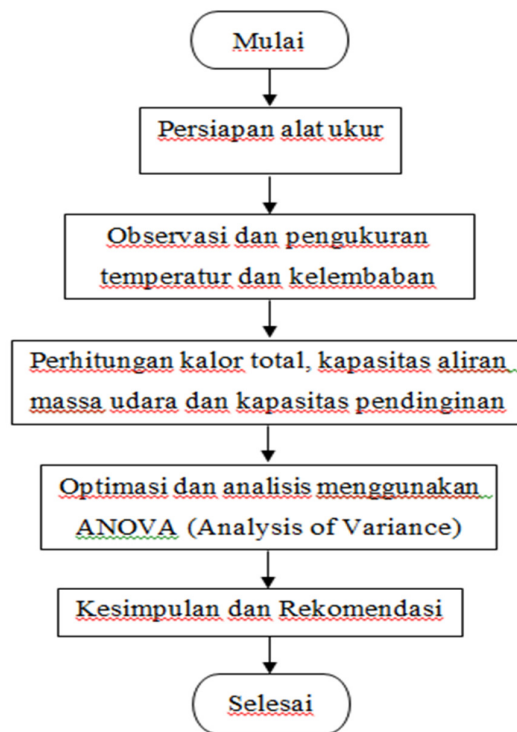
Maka jumlah full factorial adalah $(3)^3 = 27$

1.5. Ruang lingkup Penelitian

Penelitian	Kondisi			Q_{va}	Q
	Σ Orang	T_{in}	T_{out}		
1	150	22	30	?	?
2	160	23	32	?	?
3	170	24	34	?	?
.
27	.	.	.	?	?

2. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan pada rancangan sistem termal pengkondisian udara ruangan perkantoran berdasarkan ingkup penelitian, maka dilakukan tahap sbb :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Beban Pendinginan

Tabel 3.1. Luas Permukaan Kaca

	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)	Luas total (m ²)
Kaca 1	0.53	1.14	0.6042	16,9176
Jumlah	28			
Kaca 2	0.44	1.06	0.4664	6,5296
Jumlah	14			
Kaca 3	0.2	0.28	0.056	2,352
Jumlah	42			
			Grand Total	25,7992

Tabel 3.2. Luas Permukaan Pintu

	Panjang	Lebar	Luas (m ²)	Luas total
Pintu	0,81	2,11	1,7091	6,8364
Jumlah	4			

Tabel 3.3. Luas Permukaan Dinding Tanpa Kaca Dan Pintu

Luas Permukaan Dinding Dgn Kaca Dan Pintu	187,9956
Luas Permukaan Kaca + Pintu	32,6356
Luas Permukaan Dinding Tanpa Kaca & Pintu	155,36

Tabel 3.4. Luas Lantai Dan Langit-Langit

Panjang = 19,96 m	Lebar = 7,85 m
Luas = 313,372 m ²	

3.1.1. Perhitungan Kalor Sensible

Adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara. Penambahan kalor sensibel (*sensible heat gain*) adalah kalor sensibel yang secara langsung masuk dan ditambahkan ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui **konduksi, konveksi atau radiasi**. (ASHRAE Handbook : Fundamentals, 1997, SHRAE, Inc.)

DINDING

$$\dot{Q} = \frac{A \cdot \Delta T}{\frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h}}$$

Luas Permukaan (A)	=	155,36	m ²
Tebal Dinding	=	0,14	m
ΔT	=	7	K
λ	=	0,8	W/(mK)
h	=	7,7	W/(m ² K)
Kalor melewati Dinding (Q)	=	3567,15	W

LANGIT DAN LANTAI

Luas Permukaan (A)	=	313,372	m ²
Tebal	=	0,6	m
ΔT	=	7	K
λ	=	2,1	W/(mK)
h	=	7,7	W/(m ² K)
Kalor melewati langit & lantai (Q)	=	5.278,35	W

PINTU KAYU

Luas Permukaan (A)	=	6,84	m ²
Tebal	=	0,04	m
ΔT	=	7	K
λ	=	0,15	W/(mK)
h	=	7,7	W/(m ² K)
Kalor melewati Pintu (Q)	=	120,68	W

KONDUKSI DAN KONVEKSI MELALUI KALOR KACA JENDELA

Luas Permukaan (A)	=	25,79	m ²
Tebal	=	0,005	m
ΔT	=	7	K
λ	=	0,96	W/(mK)
h	=	7,7	W/(m ² K)
Kalor melewati Jendela (Q)	=	1336,96	W

RADIASI KALOR MELALUI KACA JENDELA

$$Q = A \cdot Sc \cdot SHGF \cdot CLF$$

Luas Permukaan (A)	=	25,79	m ²
Luas Permukaan (A)	=	277,56	feet ²
Sc	=	0,59	
SHGF	=	162	Btu/hr ft ²
CLF	=	0,39	
Kalor melewati Jendela (Q)	=	10.346,31	Btu/hr
Kalor melewati Jendela (Q)	=	3.032,33	W
Total kalor yg melalui kaca jendela	=	4369,29	W

MANUSIA

Jumlah Penghuni	=	150	
jumlah Kalor per orang	=	72	W
1 Kalor Manusia (Q) = Jml orang x Jml kalor/orang	=	10.800	W

Total Beban Kalor/Pendinginan (Sensibel) (Watt)

Dinding	=	3.567,16	
Langit Dan Lantai	=	5.278,36	
Pintu Kayu	=	120,68	
Kaca Jendela	=	4369,29	
Manusia	=	10.800	
Total Beban Pendinginan	=	24.135,49	W
Total	=	82.350,29	Btu/hr

3.1.2. Perhitungan Kalor Laten

Adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan fasa dari air. Penambahan kalor laten (latent heat gain) terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan, misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghasilkan uap. (ASHRAE Handbook : Fundamentals, 1997, ASHRAE, Inc.)

MANUSIA

Jumlah Penghuni	=	150	orang
Jumlah Kalor Per Orang	=	45	W
Kalor Manusia (Q)	=	6,750	W

LAMPU NEON

Jumlah lampu	=	48	buah
Daya Lampu	=	36	W

Faktor Kelonggaran (BF)	=	1,25	
Faktor beban pendingin (CLF)	=	0,85	
Stroke Factor (SF)	=	0,78	
Q lampu	=	1.432,08	W

Total Beban Kalor/Pendinginan (Laten) (W)

Manusia	=	6.750	W
Lampu Neon	=	1.432,08	W
Total	=	8.182,08	W
Total	=	27.917,26	Btu/hr

TOTAL KALOR (KALOR SENSIBLE + KALOR LATEN)	=	110.267,55	Btu/hr
---	----------	-------------------	---------------

Dipasaran Kompresor 1 PK Biasanya diperhitungkan 9000 Btu/hr

Kompresor yang dibutuhkan = $110.267,55 / 9000 = 12$ PK

$$\text{Sensible Heat Factor (SHF)} = \frac{Q_{\text{sensible}}}{Q_{\text{total}}} = 0,75$$

A. Penentuan h_2

Udara saat keluar ruangan

$$T = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\phi = 64 \text{ } \%$$

$$h_2 = 49 \text{ kJ/kg udara kering} \quad \text{Dari Diagram Psychrometric}$$

B. Penentuan h_1

Udara saat masuk ruangan

$$T = 15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad 23-16 \text{ } ^\circ\text{C (Saran Designer)}$$

$$\text{SHF} = 0,84$$

$$h_1 = 38 \text{ kJ/kg udara kering} \quad \text{Dari Diagram Psychrometric}$$

$$V_1 = 0,828 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{Dari Diagram Psychrometric}$$

C. Perhitungan Kapasitas udara dingin yg masuk ruangan

$$m_a = Q_{\text{total}} / (h_2 - h_1) = 4,67 \text{ kg udr kering/s}$$

$$V = 0,828 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$Q_{va} = V \cdot m_a = 3,87 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{va} = V \cdot m_a = 8194,58 \text{ cfm (ft}^3/\text{min)}$$

D. Kebutuhan Udara segar (fresh air)

$$\text{Asumsi: 1 orang penghuni ruangan butuh} = 40 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Ruangan tersebut akan dihuni} = 150 \text{ orang}$$

$$Q_{v0} (\text{ Fresh Air}) = 150 \times 40 = 6000 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$T = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\phi = 65 \text{ } \%$$

$$h_0 = 83 \text{ kJ/kg udara kering}$$

$$\text{Volume Jenis (V}_0) = 0,892 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\begin{aligned}
 m_o &= Q_{vo}/V_o &= 1,87 &\text{ kg/s} \\
 m_5 &= m_1 &= 4,67 &\text{ kg udara kering/s} \\
 \text{massa udara balik yg harus disuplai ke } & \text{mixing} & & \\
 \text{zone, } m_3 &= m_5 - m_o &= 2,80 &\text{ kg udara kering/s} \\
 h_3 &= h_2 &= 49 &\text{ kJ/kg udara kering} \\
 h_5 &= (m_3 h_3 + m_o h_o)/m_5 &= 62,59 &\text{ kJ/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Beban Pendinginan pada cooling coil

$$\begin{aligned}
 Q_{out} &= m_5 h_5 - m_1 h_1 &= 114,91 &\text{ kw} \\
 Q_{out} &= m_5 h_5 - m_1 h_1 &= 114.912,05 &\text{ w} \\
 Q_{out} &= m_5 h_5 - m_1 h_1 &= 392.079,92 &\text{ Btu/h} \\
 Q_{out} & &= \mathbf{154,04} &\mathbf{ PK}
 \end{aligned}$$

3.2. Optimasi Desain/rancangan

Kondisi Desain	Jml Orang	Tin	Tout	Q_{va} (Cfm)	$Q_{pendingin}$ (PK)	$(Q_{va})^2$	$(Q_{pendingin})^2$
1	150	22	30	8.194,58	134,74	67.151.206,81	18.154,55
2	150	22	32	8.194,58	154,04	67.151.206,81	23.727,58
3	150	22	34	8.194,58	171,99	67.151.206,81	29.581,91
4	150	23	30	6.469,71	127,14	41.857.096,56	16.164,51
5	150	23	32	6.469,71	146,52	41.857.096,56	21.469,19
6	150	23	34	6.469,71	164,63	41.857.096,56	27.102,59
7	150	24	30	6.485,26	119,54	42.058.574,47	14.289,96
8	150	24	32	6.485,26	139,01	42.058.574,47	19.323,72
9	150	24	34	6.485,26	157,26	42.058.574,47	24.731,76
10	160	22	30	8.194,58	139,13	67.151.206,81	19.356,99
11	160	22	32	8.194,58	159,71	67.151.206,81	25.508,81
12	160	22	34	8.194,58	178,87	67.151.206,81	31.993,83
13	160	23	30	6.469,71	131,02	41.857.096,56	17.167,21
14	160	23	32	6.469,71	151,70	41.857.096,56	23.012,87
15	160	23	34	6.469,71	171,01	41.857.096,56	29.245,07
16	160	24	30	6.485,26	122,92	42.058.574,47	15.108,83
17	160	24	32	6.485,26	143,69	42.058.574,47	20.645,41
18	160	24	34	6.485,26	163,16	42.058.574,47	26.619,75
19	170	22	30	8.194,58	143,52	67.151.206,81	20.597,99
20	170	22	32	8.194,58	165,39	67.151.206,81	27.354,50
21	170	22	34	8.194,58	185,74	67.151.206,81	34.500,27
22	170	23	30	6.469,71	134,91	41.857.096,56	18.200,09
23	170	23	32	6.469,71	156,88	41.857.096,56	24.610,14
24	170	23	34	6.469,71	177,40	41.857.096,56	31.469,04
25	170	24	30	6.485,26	126,30	42.058.574,47	15.950,52
26	170	24	32	6.485,26	148,36	42.058.574,47	22.010,81
27	170	24	34	6.485,26	169,05	42.058.574,47	28.577,16
Total				190.345,93	4.083,62	1.359.601.900,58	626475,0717

I. Pengaruh rata-rata jumlah orang, temperatur ruang, dan temperatur udara luar terhadap kapasitas udara nyaman

A. Pengaruh rata-rata jumlah orang

1. Pengaruh rata-rata faktor jumlah orang sebanyak 150 orang terhadap kapasitas udara nyaman
 $A_1 = 7.049,85$ $\sum A_1 = 63.448,64$
2. Pengaruh rata-rata faktor jumlah orang sebanyak 160 orang terhadap kapasitas udara nyaman
 $A_2 = 7.049,85$ $\sum A_2 = 63.448,64$
3. Pengaruh rata-rata faktor jumlah orang sebanyak 170 orang terhadap kapasitas udara nyaman
 $A_3 = 7.049,85$ $\sum A_3 = 63.448,64$

Jadi : $A_1=A_2=A_3$

B. Pengaruh rata-rata temperatur ruang

1. Pengaruh rata-rata faktor temperatur ruang 22 C terhadap kapasitas aliran udara nyaman
 $B_1 = 8.194,58$ $\sum B_1 = 73.751,26$
2. Pengaruh rata-rata faktor temperatur ruang 23 C terhadap kapasitas aliran udara nyaman
 $B_2 = 6.469,71$ $\sum B_2 = 58.227,35$
3. Pengaruh rata-rata faktor temperatur ruang 24 C terhadap kapasitas aliran udara nyaman
 $B_3 = 6.485,26$ $\sum B_3 = 58.367,32$

$B_1 > B_3 > B_2$

C. Pengaruh rata-rata temperatur udara luar

1. Pengaruh rata-rata faktor temperatur udara luar 30 C terhadap kapasitas aliran udara nyaman	
$C_1 = 7.049,85$	$\sum C_1 = 63.448,64$
2. Pengaruh rata-rata faktor temperatur udara luar 32 C terhadap kapasitas aliran udara nyaman	
$C_2 = 7.049,85$	$\sum C_2 = 63.448,64$
3. Pengaruh rata-rata faktor temperatur udara luar 34 C terhadap kapasitas aliran udara nyaman	
$C_3 = 7.049,85$	$\sum C_3 = 63.448,64$

$C_1=C_2=C_3$

Dari hasil observasi diatas dapat dicermati bahwa kondisi desain optimum yang menghasilkan kapasitas aliran udara nyaman yang paling besar adalah $A_1-B_1-C_1$ atau yang didesain dengan jumlah orang sebanyak 150 orang, temperatur ruang 22 C, dan temperatur udara luar 30 C yang sesuai dengan kondisi desain nomor 1, 11, dan 21

D. ANOVA

Metode analisis dengan ANOVA digunakan untuk memperoleh kontribusi/pengaruh setiap faktor/pengaruh setiap faktor yang relatif signifikan terhadap kapasitas aliran udara nyaman (Q_{va})

a. Jumlah total untuk seluruh hasil eksperimen (ma)

$$Q_{va} = 190.345,93$$

b. Faktor koreksi untuk n=27 eksperimen

$$CF = T^2/n = 1.341.910.179,81$$

c. Total sum of square

$$St = \sum (Q_{va})^2 - CF = 17.691.720,77$$

d. Faktor Sum of Square

$$SA = \left(\frac{A_1^2}{N_{A1}} + \frac{A_{12}^2}{N_{A2}} + \frac{A_3^2}{N_{A3}} \right) - CF$$

$$SA = 0$$

$$SB = \left(\frac{B_1^2}{N_{B1}} + \frac{B_2^2}{N_{B2}} + \frac{B_3^2}{N_{B3}} \right) - CF$$

$$SB = 17.691.720,77$$

$$SC = \left(\frac{C_1^2}{N_{C1}} + \frac{C_2^2}{N_{C2}} + \frac{C_3^2}{N_{C3}} \right) - CF$$

$$SC = 0$$

$$Se=St - (SA+SB+SC) = 0.00$$

e. Degree of Freedom (DOF)

$$fT = 27-1 = 26$$

$$fA = 3-1 = 2$$

$$fB = 3-1 = 2$$

$$fC = 3-1 = 2$$

$$Fe = 26-(2+2+2) = 20$$

f. Mean Square (Variansi)

$$VA=SA/fA = -$$

$$VB=SB/fB = 8.845.860,38$$

$$VC=SC/fC = -$$

$$Ve=Se/fe = 0.00$$

g. Rasio Variansi

F = Vi/Ve tidak bisa dilakukan karena Ve=0

h. Puse Sum of Square

S'i = Si-(Fi.Ve) tidak bisa dilakukan karena Ve=0

i. Presentase Kontribusi

$$PA = SA/ST = 0\%$$

$$PB = SB/ST = 100\%$$

$$PC = SC/ST = 0\%$$

$$Pe = Se/ST = 0\%$$

TABEL ANOVA

Faktor	DOF	S	V	F	S'	P(%)
A	2	-	-	-	-	0%
B	2	17.691.720,77	8,845,860.38	-	-	100%
C	2	-	-	-	-	0%
Error	20	-	0.00	-	-	0%
Total	26	17.691.720,77				100%

II. Pengaruh rata-rata jumlah orang, temperatur ruang, temperatur udara luar terhadap kapasitas mesin pendingin

A. Pengaruh rata-rata jumlah orang

1. Pengaruh rata-rata faktor jumlah orang sebanyak 150 orang terhadap kapasitas mesin pendingin
 $A_1 = 146,10$ $\sum A_1 = 1.314,88$
2. Pengaruh rata-rata faktor jumlah orang sebanyak 160 orang terhadap kapasitas mesin pendingin
 $A_2 = 151,25$ $\sum A_2 = 1.361,21$
3. Pengaruh rata-rata faktor jumlah orang sebanyak 170 orang terhadap kapasitas mesin pendingin
 $A_3 = 156,39$ $\sum A_3 = 1.407,54$
 $A_3 > A_2 > A_1$

B. Pengaruh rata-rata temperatur ruang

1. Pengaruh rata-rata faktor temperatur ruang 22 C terhadap kapasitas mesin pendingin
 $B_1 = 159,24$ $\sum B_1 = 1.433,14$
2. Pengaruh rata-rata faktor temperatur ruang 23 C terhadap kapasitas mesin pendingin
 $B_2 = 151,25$ $\sum B_2 = 1.361,21$
3. Pengaruh rata-rata faktor temperatur ruang 24 C terhadap kapasitas mesin pendingin
 $B_3 = 143,25$ $\sum B_3 = 1.289,28$
 $B_1 > B_2 > B_3$

C. Pengaruh rata-rata temperatur udara luar

1. Pengaruh rata-rata faktor temperatur udara luar 30 C terhadap kapasitas mesin pendingin
 $C_1 = 131,02$ $\sum C_1 = 1.179,21$
2. Pengaruh rata-rata faktor temperatur udara luar 32 C terhadap kapasitas mesin pendingin
 $C_2 = 151,70$ $\sum C_2 = 1.365,30$
3. Pengaruh rata-rata faktor temperatur udara luar 34 C terhadap kapasitas mesin pendingin
 $C_3 = 171,01$ $\sum C_3 = 1.539,11$
 $C_3 > C_2 > C_1$

Dari hasil observasi diatas dapat dicermati bahwa kondisi desain optimum yang menghasilkan kapasitas mesin pendingin yang paling kecil adalah A1-B3-C1 atau yang didesain sesuai kondisi desain nomor 7 dengan jumlah orang sebanyak 150 orang, temperatur ruang 24 C, dan temperatur udara luar yang didesain sebesar 30 C, dimana memberikan kapasitas mesin pendingin 119.54 PK

D. ANOVA

Metode analisis dengan ANOVA digunakan untuk memperoleh kontribusi/pengaruh setiap faktor/pengaruh setiap faktor yang relatif signifikan terhadap kapasitas mesin pendingin ($Q_{\text{pendingin}}$)

a. Jumlah total untuk seluruh hasil eksperimen (ma)

$$Q_{va} = 4.083,62$$

b. Faktor koreksi untuk n=27 eksperimen

$$CF = T^2/n = 617.627,81$$

c. Total sum of square

$$St = \sum (Q_{va})^2 - CF = 8.847,26$$

d. Faktor Sum of Square

$$SA = \left(\frac{A_1^2}{N_{A1}} + \frac{A_{12}^2}{N_{A2}} + \frac{A_3^2}{N_{A3}} \right) - CF$$

$$SA = 477,00$$

$$SB = \left(\frac{B_1^2}{N_{B1}} + \frac{B_2^2}{N_{B2}} + \frac{B_3^2}{N_{B3}} \right) - CF$$

$$SB = 1.149,78$$

$$SC = \left(\frac{C_1^2}{N_{C1}} + \frac{C_2^2}{N_{C2}} + \frac{C_3^2}{N_{C3}} \right) - CF$$

$$SC = 7.198,54$$

$$Se = St - (SA + SB + SC) = 21,93$$

e. Degree of Freedom (DOF)

$$ft = 27 - 1 = 26$$

$$fA = 3 - 1 = 2$$

$$fB = 3 - 1 = 2$$

$$fC = 3 - 1 = 2$$

$$Fe = 26 - (2 + 2 + 2) = 20$$

f. Mean Square (Variansi)

$$VA = SA / fA = 238,50$$

$$VB = SB / fB = 574,89$$

$$VC = SC / fC = 3.599,27$$

$$Ve = Se / fe = 1,10$$

g. Rasio Variansi

$$FA = VA / Ve = 217,49$$

$$FB = VB / Ve = 524,25$$

$$FC = VC / Ve = 3.282,19$$

h. Pure Sum of Square

$$S'A = SA - (fA \cdot Ve) = 474,81$$

$$S'B = SB - (fB \cdot Ve) = 1.147,59$$

$$S'C = SC - (fC \cdot Ve) = 7.196,35$$

$$S'e = Se + (fA + fB + fC) \cdot Ve = 28,51$$

g. Presentase Kontribusi

$$PA = S'A / ST = 5\%$$

$$PB = S'B / ST = 13\%$$

$$PC = S'C / ST = 81\%$$

$$Pe = S'e / ST = 0.32\%$$

Faktor	DOF	S	V	F	S'	P(%)
A	2	477.00	238,50	217,49	474,81	5%
B	2	1.149,78	574,89	524,25	1.147,59	13%
C	2	7.198,54	3.599,27	3.282,19	7.196,35	81%
Error	20	21,93	1,10		28,51	0,32%
Total	26	8.847,26	4.413,76		8.847,26	100%

Dari table tersebut secara berturut turut faktor yang paling berpengaruh terhadap Q pendingin adalah faktor C, faktor B, faktor A

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini setelah mempelajari pengaruh faktor jumlah orang, temperatur udara nyaman ruangan dan temperatur udara di luar gedung terhadap besarnya kapasitas udara nyaman yang dialirkan ke dalam ruangan (Q_{va}) dan besarnya kapasitas mesin pendingin ($Q_{pendingin}$), yaitu:

- 1) Faktor yang paling berpengaruh terhadap kapasitas aliran udara nyaman yang masuk kedalam ruangan adalah faktor temperatur ruangan, dimana berdasarkan hasil analisis ANOVA bahwa faktor temperatur ruangan berkontribusi sebesar 100%
- 2) Faktor yang paling berpengaruh terhadap kapasitas mesin pendingin yang harus dipasang adalah secara berturut-turut yaitu faktor temperatur udara luar, temperatur ruangan, lalu jumlah orang dan faktor lainnya, dimana berdasarkan analisis ANOVA bahwa faktor temperatur luar ruangan berkontribusi sebesar 81%, kemudian faktor temperatur ruangan berkontribusi 13%, dan faktor jumlah orang sebesar 5 % serta faktor error/lainnya, masing-masing berkontribusi sangat kecil yaitu 0,32%
- 3) Kondisi desain yang dapat memberikan hasil perhitungan yang optimal yaitu kapasitas aliran udara nyaman yang paling besar adalah kondisi desain nomor 1,11 dan 21 dan kapasitas mesin pendingin yang paling kecil adalah kondisi desain nomor 7. Dan, kondisi yang paling optimal diantara 27 kondisi desain adalah apabila range (selisih) diantara kapasitas aliran udara nyaman dan kapasitas mesin pendingin yang paling besar. Diantara ke-27 kondisi desain tersebut maka dipilih kondisi desain no 1 yang memiliki range yang paling besar yaitu 8059,84

5. Daftar Pustaka

1. ASHRAE, Inc, ASHRAE Handbook : Fundamentals, 1997
2. Kreink, Frank, Basic Heat Treatment, Harper & Row, Publisher, Newyork, 1980
3. A. Cengel, Yunus, Thermodynamics, Mc Graw Hill, Newyork, 2007